

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068759

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

H01L 43/12

(21)Application number : 11-243900

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 30.08.1999

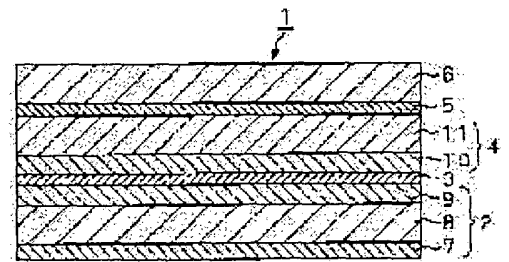
(72)Inventor : SUGAWARA JUNICHI
NAKASHIO EIJI
KUBOTA HITOSHI

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress Barkhausen noise and thereby perform stable reproducing operation by forming a nonmagnetic metal layer on a magnetic free layer and a conductive antiferromagnetic film on the nonmagnetic metal layer.

SOLUTION: A TMR(tunneling magnetoresistance) element 1 is formed by sequentially laminating a first magnetic metal layer 2, a tunnel barrier layer 3, a second magnetic metal layer 4, a nonmagnetic metal layer 5, and a conductive antiferromagnetic layer 6. The layer 2 is a magnetic fixed layer, and its direction of magnetization is fixed. The layer 2 is formed by sequentially laminating a base layer 7, an exchange coupling layer 8, and a pin layer 9, with the layer 9 formed below the layer 3. The layer 8 fixes the direction of magnetization of the layer 9 while being exchange-coupled with the layer 9. The layer 8 is formed of an antiferromagnetic substance. The layer 9 has its direction of magnetization fixed while being exchange-coupled with the layer 8. The layer 9 is formed of a ferromagnetic substance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-68759

(P 2001-68759 A)

(43) 公開日 平成13年3月16日(2001. 3. 16)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テ-マコ-ト' (参考)	
H 0 1 L	43/08	H 0 1 L	43/08	Z
	43/12		43/12	

審査請求 未請求 請求項の数 10

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-243900

(22) 出願日 平成11年8月30日(1999. 8. 30)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅原 淳一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 中塩 栄治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 久保田 均

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉08 東北大学大学院 工学研究科内

(74) 代理人 100067736

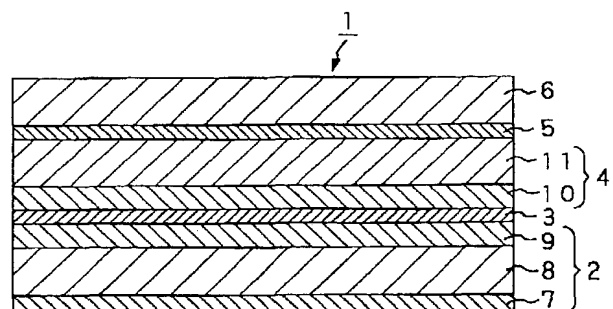
弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 バルクハウゼンノイズを抑制する。

【解決手段】 磁化自由層である第2の磁性金属層4上に、非磁性金属層5と、反強磁性層6とを順次積層する。このことにより、磁化自由層を単磁区化し、磁壁が生じるのを防ぐことが可能になる。これにより、ヒステリシスを防止し、バルクハウゼンノイズを抑制する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、上記磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、上記トンネル障壁層上に形成され、磁化方向が自在に変化する磁化自由層とを備え、

上記磁化自由層上に非磁性金属層が存在し、上記非磁性金属層上に導電性反強磁性層を備えることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 上記非磁性金属層は、Cuにより形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 上記非磁性金属層の厚さは、0.5 nm 以上且つ 2.0 nm 以下であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 上記磁化固定層は、反強磁性膜と、上記反強磁性膜上に形成された強磁性膜とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 上記磁化固定層は、反強磁性膜と、上記反強磁性膜上に形成された強磁性膜と、上記強磁性膜上に形成された反強磁性的結合膜と、上記反強磁性的結合膜上に形成された強磁性膜とを備えることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 上記反強磁性的結合膜は、Ruにより形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 上記反強磁性的結合膜の厚さは、0.3 nm 以上且つ 1.0 nm 以下であることを特徴とする請求項 6 記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 基板上に、下部シールド層と、下部ギャップ層と、磁化固定層と、トンネル障壁層と、非磁性金属層と、導電性反強磁性膜とを積層する積層工程を有すること特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】 上記積層工程の後段に、感磁部を露出させるための製作工程を有することを特徴とする請求項 8 記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 10】 上記磁気抵抗効果素子を、インライン型スパッタリング装置を用いて、外気に触れさせることなく作成することを特徴とする請求項 8 記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、トンネル障壁層上に形成された磁化自由層とを備える磁気抵抗効果素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】2つの磁性層の間に、非磁性且つ絶縁性である材料によって形成されたトンネル障壁層を存在させた状態で、磁性層に対して略垂直方向に電流を流す

と、一方の磁性層から他方の磁性層に向かって、いわゆるトンネル電流が流れる。この現象は、強磁性トンネル効果として知られている。

【0003】このトンネル電流のコンダクタンスは、2つの磁性層の磁化方向の相対角度に依存して変化する。上記強磁性トンネル効果では、2つの磁性層の磁化の分極率から磁気抵抗比を理論的に算出する事ができる。例えば、2つの磁性層としてFeを用いた場合には、磁気抵抗比は、約40%となることが予想される。

【0004】このため、上記強磁性トンネル効果を利用した磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と称する。）であるトンネル接合型磁気抵抗素子（以下、TMR素子と称する。）は、磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）の材料として注目を集めている。

【0005】MRヘッドは、電極を介してMR素子に流れる電流の電圧値を検出し、これによって磁気記録媒体に記録された磁気信号を読み取る。

【0006】上記TMR素子は、磁化が固定されている磁化固定層と、磁化が固定されていない磁化自由層との間に、非磁性で且つ絶縁性の材料によって形成されたトンネル障壁層を備えて成る。外部磁界により磁化自由層の磁化方向が変化することで、磁化固定層の磁化方向と磁化自由層の磁化方向との相対角度が変化する。それにより、トンネル電流のコンダクタンスが変化する。TMR素子をMRヘッドに利用した際には、このコンダクタンスの変化を検出することにより磁気信号を読み取る。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、MRヘッドでは、バルクハウゼンノイズを抑制するために、磁区制御を行い、MR素子を単磁区化する事が重要となる。従来のMRヘッドのように、異方性磁気抵抗効果（AMR : Anisotropic Magneto-Resistivity）素子、及び巨大磁気抵抗効果（GMR : Giant Magneto-Resistivity）素子を感磁素子として用いた場合には、MR素子の両端部に、このMR素子に対してバイアス磁界を印加するバイアス磁界を設けている。これにより、MR素子の単磁区化を果たしている。

【0008】しかしながら、TMR素子を使用してMRヘッドを作成した場合には、TMR素子の両主面側に電極を配置し、膜面に対して略垂直方向に電流を流し、このときに絶縁層を流れるトンネル電流のコンダクタンスを測定して、磁気信号の読みとりを行っている。そのため、バイアス層をTMR素子の両端部に設けた場合には、磁化自由層と、磁化固定層との絶縁が保たれなくなることによりTMR素子がショートしてしまい、磁気信号の読みとりが不可能となる。

【0009】そのため、TMR素子を感磁素子として使用してMRヘッドでは、TMR素子の両端部にバイアス層を設けることによって磁区制御を行うことは、不可能となる。

【0010】上述した磁化固定層は、強磁性層と反強磁性層とを備えている。反強磁性層は、強磁性層に対してバイアス磁界を印加している。したがって、磁化固定層においては、磁化の制御がされている。しかしながら、磁化自由層においては、磁化の制御がされていない。

【0011】そこで、本発明は、上述したような従来の実状に鑑みて提案されたものであり、強磁性トンネル効果を利用している場合においても、バルクハウゼンノイズを抑制することが可能であり、安定な再生動作を行うことが可能である磁気抵抗効果素子及びその製造方法を

提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、一定の方向に磁化が固定されている磁化固定層と、上記磁化固定層上に形成されたトンネル障壁層と、上記トンネル障壁層上に形成され、磁化方向が自在に変化する磁化自由層とを備えている。そして、非磁性金属層が上記磁化自由層上に存在し、上記非磁性金属層上に導電性反強磁性膜を備えている。

【0013】以上のように構成された磁気抵抗効果素子は、磁化自由層と導電性反強磁性層とが、非磁性金属層を介して交換結合することにより、磁化自由層における磁化方向を固定することなく、磁区を制御することが可能になる。

【0014】また、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法は、基板上に、下部シールド層と、下部ギャップ層と、磁化固定層と、トンネル障壁層と、非磁性金属層と、導電性反強磁性膜とを所定幅で積層する積層工程を有する。

【0015】したがって、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法によれば、磁化自由層において、磁化方向を固定することなく、磁区を制御することが可能な磁気抵抗効果素子を提供することが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0017】まず、本発明を適用した磁気抵抗効果素子として、図1に示すようなトンネル接合型磁気抵抗効果素子（以下、TMR素子と称する。）1について説明する。このTMR素子1は、強磁性トンネル効果を利用した磁気抵抗効果素子（以下、MR素子とする。）である。なお、以下の説明で用いる図面は、各部の特徴をわかりやすく図示するために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。

【0018】TMR素子1は、第1の磁性金属層2と、トンネル障壁層3と、第2の磁性金属層4と、非磁性金属層5と、導電性反強磁性層6とが順次積層された構造を有している。

【0019】第1の磁性金属層2は、磁化固定層であり、磁化方向が固定されている。第1の磁性金属層2は、下地層7と、交換結合層8と、ピン層9とが順次積層されて形成されている。ピン層9が、トンネル障壁層3側に形成される。

【0020】下地層7は、例えば、NiFeによって形成される。交換結合層8は、ピン層9と交換結合をすることで、ピン層9の磁化の方向を固定する。交換結合層8は、反強磁性体によって形成される。使用される反強磁性体の例としては、IrMnが挙げられる。ピン層9は、交換結合層8との交換結合によって磁化の方向が固定されている。ピン層9は、強磁性体によって形成される。使用される強磁性体の例としては、CoFeが挙げられる。

【0021】また、第1の金属磁性膜2としては、下地層7上に、いわゆる積層フェリを積層したものをすることも可能である。積層フェリとは、特開平7-169026で開示されたものであり、2つの強磁性体でできた層の間に反強磁性的結合膜をはさんだものである。

【0022】反強磁性的結合膜としては、ルテニウムにより形成される膜が使用される。この場合、ルテニウムにより形成される膜の厚さを0.3~1.0nmにすることで、2つの強磁性体の層の磁化の方向が逆方向となる。これにより、第1の金属磁性膜2からの磁気が外部にもれることがなくなる。

【0023】トンネル障壁層3は、非磁性で且つ絶縁性である金属によって作成された極めて薄い層である。例としては、Al₂O₃が挙げられるが、トンネル電流が流れるものであれば、特に限定されない。トンネル障壁層3は、ピン層9上に形成される。センス電流を膜面に垂直に流すと、このトンネル障壁層3にトンネル電流が流れる。

【0024】第2の磁性金属層4は、磁化自由層であり、磁化方向が自在に動く。第2の磁性金属層4は、トンネル障壁層3側から強磁性層10と、フリー層11とが順次積層されて形成されている。強磁性層10は、フリー層11におけるスピン分極率を上げる。強磁性層10は、例えばCoFeによって形成される。フリー層11は、磁化方向が自在である。フリー層11は、軟磁性体によって形成される。例としては、NiFeが挙げられる。

【0025】非磁性金属層5は、後述する導電性反強磁性層6によるフリー層11の磁化の方向の制御を、弱める役割を果たす。この非磁性金属層5が存在しない場合には、導電性反強磁性層6とフリー層11との交換結合が強くなるために、磁化方向の制御が強すぎてしまい、フリー層11の磁化方向が一定に固定されてしまう。非磁性金属層5は、例えば、Cuによって形成される。

【0026】非磁性金属層5は、Cuによって形成される場合に、その厚さを0.5nm以上且つ2nm以下と

されていることが好ましい。

【0027】Cuにより形成された層の厚さが0.5nm未満の場合は、導電性反強磁性層6とフリー層11との交換結合が強くなるために、磁化方向の制御が強すぎてしまう。これにより、フリー層11の磁化方向が固定されてしまい、再生動作が不可能となる。Cuにより形成された層の厚さが2nmより大きい場合は、導電性反強磁性層6によるフリー層11の磁化方向の制御が不可能となるため、フリー層11に磁壁が生じてしまい、バルクハウゼンノイズを抑制することが不可能となる。

【0028】導電性反強磁性層6は、フリー層11の磁化方向を制御する。導電性反強磁性層6による磁化方向の制御により、フリー層11に磁壁が生じるのを防ぐことが可能となる。また、上述した非磁性金属層5が存在することにより、磁化方向の制御は弱まる。そのため、フリー層11の磁化方向を一定に固定することはない。導電性反強磁性層6は、例えば、IrMnによって形成される。

【0029】磁気トンネル接合素子1は、上述したピン層9と、フリー層11との磁化方向の相対角度に依存して、トンネル障壁層3に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化することを利用している。

【0030】具体的には、ピン層9においては、磁化方向は固定されており、フリー層11においては、導電性反強磁性層6による磁化方向の制御のために単磁区化されているものの、磁化方向は変化自在である。トンネル素子1には、各層に対して垂直な方向にセンス電流が流されている。

【0031】ピン層9の磁化方向に対してフリー層11の磁化方向が異なることにより、トンネル障壁層3に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化する。つまり、外部磁界の変化に応じてフリー層11の磁化方向が変化することによって、ピン層9の磁化方向に対するフリー層11の磁化方向が変化し、それによりトンネル電流のコンダクタンスも変化する。TMR素子1を、例えば、磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）に利用した際には、上述したトンネル電流のコンダクタンスの変化を測定して、磁気記録媒体などの記録媒体に記録された情報の再生を行う。

【0032】以上の説明からも明らかなように、本発明に係るTMR素子1は、フリー層11の磁化方向を制御し、単磁区化する。そのため、フリー層11において磁壁が生じることを防ぐことが可能となり、ヒステリシスの発生を防ぐことが可能となり、バルクハウゼンノイズを抑制することが可能となった。

【0033】つぎに、上記TMR素子1の製造方法について、図2乃至図9を使用して説明する。ここでは、上記TMR素子1の製造方法を、磁気デバイスの一つであるMRヘッド20に対して適用した際の製造方法を例に挙げて具体的に説明するが、本発明は、以下の例に限定

されるものではない。

【0034】ここで、MRヘッド20の構造について説明する。このMRヘッド20は、図2に示すように、シールド21a、21bと、ギャップ22a、22bと、TMR素子1とを備える。

【0035】TMR素子1は、上述したように第1の磁性金属層2と、トンネル障壁層3と、第2の磁性金属層4と、非磁性金属層5と、導電性反強磁性層6とを備える。また、第1の磁性金属層2は、下地層7と、バイアス層8と、ピン層9とからなる。第2の磁性金属層4は、強磁性層10と、フリー層11とからなる。

【0036】シールド21a、21bは、後述するギャップ22a、22bに対する電極を兼ねている。シールド21a、21bは、導電性をもつ磁性材料から形成される。例としては、センダスト（Fe-Al-Si合金）等が挙げられる。また、このシールド21aとシールド21bとの幅をシールド間距離という。

【0037】ギャップ22a、22bは、シールド21a、21bと、各磁性金属層とを磁氣的に隔離する。具体的には、ギャップ22aは、シールド21aと第1の磁性金属層2とを隔離し、ギャップ22bは、シールド21bと第2の磁性金属層4とを隔離する。ギャップ22a、22bは、シールド21a、21bに対する電極も兼ねている。ギャップ22a、22bは、導電性をもつ非磁性材料から形成される。例としては、Cu等が挙げられる。

【0038】このように構成されたMRヘッド20では、磁気記録媒体から印加される信号磁界に対して、第1の磁性金属層2の磁化方向は、略平行方向に固定される。また、磁気記録媒体から印加される信号磁界に対して、第2の磁性金属層4の磁化方向は、略垂直方向となる。そして、この磁気ヘッドに対して所定の信号磁界が印加されると、第2の磁性金属層4の磁化方向が変化する。

【0039】このとき、このMRヘッド20では、第2の磁性金属層4から第1の磁性金属層2に向かって一定の電流が流れているが、これにより、第2の磁性金属層4と第1の磁性金属層2との間には、トンネル電流が流れることとなる。そして、この磁気ヘッドでは、第2の磁性金属層4の磁化と第1の磁性金属層2の磁化との相対角度が変化することにより、トンネル電流のコンダクタンスが変化する。

【0040】上述したトンネル電流のコンダクタンスは、第2の磁性金属層4と第1の磁性金属層2との間の電圧を測定することによって検出可能である。このMRヘッド20は、このトンネル電流のコンダクタンスの変化を検出することにより磁気記録媒体に記録された情報を再生する。

【0041】以上のように構成されたMRヘッド20の製造方法について説明する。

【0042】 先ず、図3に示すように、基盤30の一主面上に最終的に下層シールド21aとなる磁性膜31aを成膜する。磁性膜31aは、高度に平坦化されることが望ましい。基盤30としては、AlTiC系、TiO-CaO系など、一般に薄膜ヘッドを製造する際に使用されるものを使用することが可能である。

【0043】 次に、図4に示すように、磁性膜31a上に、第1の非磁性膜32aと、軟磁性膜33と、反強磁性膜34と、強磁性膜35と、第2の非磁性膜36とが、例えば、スパッタリング法等の薄膜形成手法により順次積層される。最終的に、第1の非磁性膜32aはギャップ22aとなる。軟磁性膜33は下地層7となる。反強磁性膜34はバイアス層8となる。強磁性膜35はピン層9となる。第2の非磁性膜36はトンネル障壁層3となる。

【0044】 なお、非磁性膜36として、 Al_2O_3 を使用する場合は、 Al_2O_3 を直接積層する方法と、Alを積層した後、酸素プラズマにより酸化する方法とが挙げられる。酸素プラズマにより酸化する方法をとる場合、酸化の度合いは、酸化時間、ガス圧力、酸素分圧、高周波投入電力などを適宜調整することにより、制御可能である。

【0045】 次に、図5に示すように、第2の非磁性膜36上に、第2の強磁性膜37と、第2の軟磁性膜38と、第3の非磁性膜39と、第2の反強磁性膜40と、第1の非磁性層32bとが、例えば、スパッタリング法等の薄膜形成手法により順次積層される。最終的に、第2の強磁性膜37は強磁性層10となり、第2の軟磁性膜38はフリー層11となり、第3の非磁性膜39は非磁性金属層5となり、第2の反強磁性膜40は導電性反強磁性層6となり、第1の非磁性層32bはギャップ22bとなる。

【0046】 次に、第1の非磁性層32b上にレジスト材料を塗布することによりレジスト膜を形成し、フォトリソグラフィ法によりこのレジスト膜を所定の形状にパターンニングすることによって、図6に示すようなレジストパターン41を形成する。具体的に、レジスト膜は、最終的に残存させるMRトンネル素子1に相当する大きさにパターンニングすればよい。

【0047】 次に、図7に示すように、イオンミリングにより、磁性膜31aが露出するまでエッチングを施し、各層が所定の幅となるようにする。この、エッチングにより、トラック幅が規定される。また、摺動面からのTMR素子1の深さをデプスという。

【0048】 次に、図8に示すように、エッチングを施して露出した磁性膜32a上に絶縁膜42を形成する。この際、レジストパターン41上にも、絶縁膜42が同時に形成される。

【0049】 次に、図9に示すように、有機溶剤等によりレジストパターン41を剥離する。この時、レジスト

パターン41上に形成された絶縁膜42も同時に剥離する。

【0050】 次に、略同一面を形成する絶縁膜42及び第1の非磁性膜32b上に、最終的にシールド21bとなる磁性膜31bを形成する。その後、磁性膜31bを所定の形状に形成し、シールド21bとする。磁性膜31bを形成する方法としては、所定の形状とされたレジストパターンを用いたメッキ法、及びスパッタ法による成膜の後にエッチングを施す方法などが挙げられる。

【0051】 次に、磁性膜31aに対してフォトリソグラフィ及びエッチングを施すことによって所定の形状に形成し、シールド21aとする。

【0052】 次に、絶縁膜42に開口部43を形成する。この開口部43からシールド21aを露出させ、開口部43内に導電材料を充填することによりシールド21aを電氣的に接続可能とすることで、図2に示すMRヘッド20が作成される。なお、絶縁膜42は、図2では図示されていないが、シールド21aとシールド21bとの間及び周囲に充填された構造となっている。

【0053】 以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気トンネル接合素子1の製造方法においては、各層の成膜過程や第2の非磁性膜36の酸化過程などの各製造過程を連続して行うことが可能である。そのため、インライン型スパッタ装置内で製造を行うことが可能となり、製造途中の製品を大気に触れさせることなくTMR素子1を製造することが可能となる。そのため、品質の劣化を防ぐことが可能となる。また、TMR素子1の製造工程の簡略化を図ることも可能となる。

【0054】

【実施例】 つぎに、上述したTMR素子1をMRヘッド20に対して適用した際の、非磁性金属層5の厚さと、再生感度及びバルクハウゼンノイズの発生との関係について、実施例に基づいて説明する。

【0055】 実施例1

実施例1では、図2に示したMRヘッド20と同様な構成のMRヘッドを作製した。各層に使用した材料は、下記の通りである。

【0056】

トンネル素子3	: Al_2O_3
非磁性金属層5	: Cu
導電性反強磁性層6	: $Ir_{20}Mn_{80}$
下地層7	: $Ni_{80}Fe_{20}$
バイアス層8	: $Ir_{20}Mn_{80}$
ピン層9	: $Co_{90}Fe_{10}$
強磁性層10	: $Co_{90}Fe_{10}$
フリー層11	: $Ni_{80}Fe_{20}$
シールド21a, 21b	: センダスト (Fe-Si-Al合金)
ギャップ22a, 22b	: Cu

このとき、非磁性金属層5の厚さを0.5nmとした。

また、トラック幅を $1\mu\text{m}$ とし、デプスを $1\mu\text{m}$ とし、シールド間距離を $0.2\mu\text{m}$ とした。

【0057】実施例2

実施例2では、非磁性金属層5の厚さを 1nm とした以外は実施例1と同様にして、MRヘッドを作製した。

【0058】実施例3

実施例3では、非磁性金属層5の厚さを 2nm とした以外は実施例1と同様にして、MRヘッドを作製した。

【0059】実施例4

実施例4では、非磁性金属層5の厚さを 3nm とした以外 10 以外は実施例1と同様にして、MRヘッドを作製した。

【0060】比較例1

比較例1では、非磁性金属層5を形成せずにMRヘッドを作製した。なお、このMRヘッドは、非磁性金属層5が形成されていないことを除いては、上述した実施例1と同様な構成により作製した。

【0061】これら実施例1乃至実施例4、及び比較例1で作製したMRヘッドについて、再生感度とバルクハウゼンノイズの発生とを調べた。その結果を、表1に示す。

【0062】ここで、再生感度については、磁気記録媒体に記録された磁気信号の再生が可能であったものを△とし、磁気信号の再生が特に良好であったものを○として示している。また、磁気信号の再生が困難であったものを×として示している。バルクハウゼンノイズについては、発生が少なかったものを△とし、ほぼ発生が見られないものを○として示した。また、発生が著しかったものを×として示した。

【0063】

【表1】

	Cu膜厚(nm)	再生感度	バルクハウゼンノイズ
実施例1	0.5	△	○
実施例2	1	○	○
実施例3	2	○	△
実施例4	3	○	×
比較例1	0	×	○

【0064】表1に示す結果から、比較例1のMRヘッドのように、非磁性金属層5の厚さが 0.5nm 未満である場合には、磁気信号の再生が困難であることがわかる。また、実施例4のMRヘッドのように、非磁性金属層5の厚さが 2nm 以上である場合には、バルクハウゼンノイズが十分に抑制できないことがわかる。したがって、非磁性金属層5の厚さは、 $0.5\text{nm}\sim 2\text{nm}$ が好ましいことがわかる。

【0065】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、磁化自由層における磁化を制御し、単磁区化する。そのため、磁化自由層において磁壁が生じることを防ぐことが可能となり、ヒステリシスが発生することを防ぐことが可能となり、バルクハウゼンノイズの発生を抑制することが可能となった。したがって、強磁性トンネル効果を利用しており、且つ安定して再生動作する磁気抵抗効果素子を実現することが可能となる。

【0066】また、本発明に係る磁気抵抗効果素子の製造方法においては、各製造工程を連続して行うことが可能となる。そのため、磁気抵抗効果素子の製造工程の簡略化を図ることも可能となる。また、強磁性トンネル効果を利用しており、且つ安定して再生動作する磁気抵抗効果素子を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るMR素子を示す要部拡大断面図である。

【図2】同MR素子を利用して作成したMRヘッドの概略斜視図である。

【図3】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図4】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、第2の非磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図5】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、第1の非磁性膜までを形成した状態を示す断面図である。

【図6】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、第1の非磁性膜上にレジストパターン41を形成した状態を示す断面図である。

【図7】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、第1の非磁性層から第1の非磁性膜に対してエッチング処理を施した状態を示す断面図である。

【図8】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、絶縁膜を形成した状態を示す断面図である。

【図9】同MR素子の製造方法を説明するための図であり、レジストを除去した状態を示す断面図である。

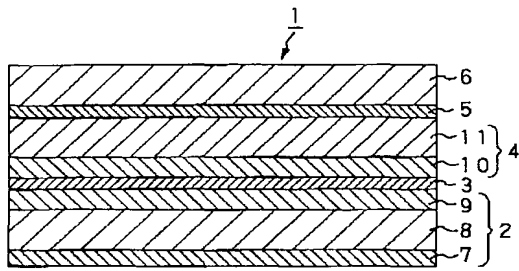
【符号の説明】

1 MRトンネル素子、2 第1の磁性金属層、3 トンネル障壁層、4 第2の磁性金属層、5 非磁性金属層、6 導電性反強磁性層、7 下地層、8 交換結合層、9 ピン層、10 強磁性層、11 フリー層

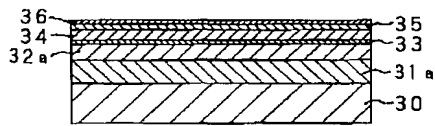
【図3】



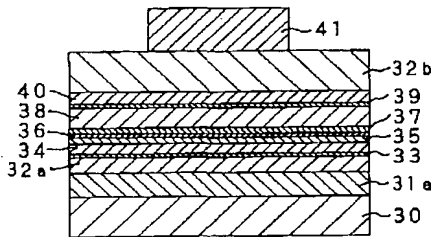
【図 1】



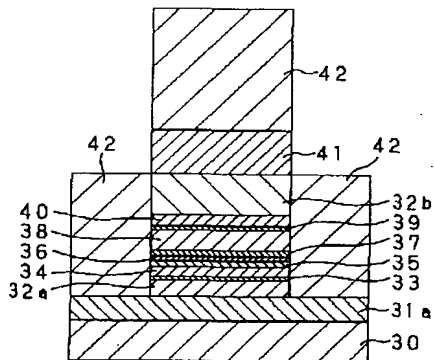
【図 4】



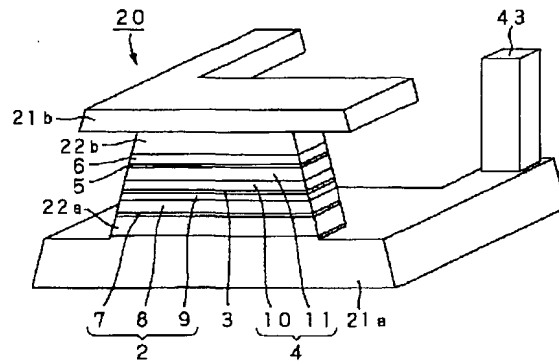
【図 6】



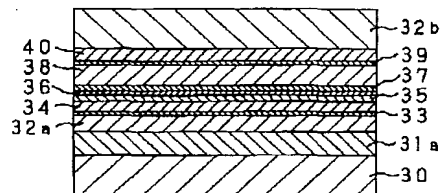
【図 8】



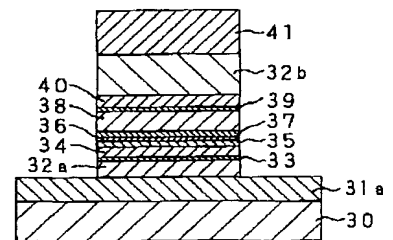
【図 2】



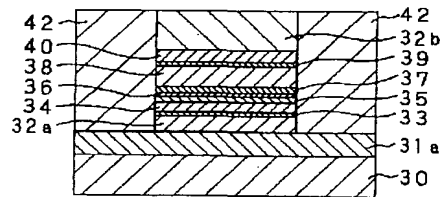
【図 5】



【図 7】



【図 9】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a magnetoresistance-effect element equipped with the magnetization fixed bed by which magnetization is being fixed in the fixed direction, the tunnel barrier layer formed on the magnetization fixed bed, and the magnetization free layer formed on the tunnel barrier layer, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the state where the tunnel barrier layer formed between two magnetic layers of the material which is nonmagnetic and insulation was made to exist, if current is passed to an abbreviation perpendicular direction to a magnetic layer, the so-called tunnel current will flow toward the magnetic layer of another side from one magnetic layer. This phenomenon is known as the ferromagnetic tunnel effect.

[0003] The conductance of this tunnel current changes depending on the relative angle of the magnetization direction of two magnetic layers. In the above-mentioned ferromagnetic tunnel effect, a magnetic-reluctance ratio is theoretically computable from the polarizability of magnetization of two magnetic layers. For example, when Fe is used as two magnetic layers, as for a magnetic-reluctance ratio, about 40% and a bird clapper are expected.

[0004] For this reason, the tunnel junction type magnetic resistance element (a TMR element is called hereafter.) using the above-mentioned ferromagnetic tunnel effect which is a magnetoresistance-effect element (MR element is called hereafter.) attracts attention as a material of the magnetoresistance-effect type magnetic head (an MR head is called hereafter.).

[0005] An MR head detects the voltage value of the current which flows for MR element through an electrode, and reads the magnetic signal recorded on the magnetic-recording medium by this.

[0006] The above-mentioned TMR element is equipped with the tunnel barrier layer formed of a nonmagnetic and insulating material between the magnetization fixed bed to which magnetization is being fixed, and the magnetization free layer to which magnetization is not being fixed, and changes. The relative angle of the magnetization direction of the magnetization fixed bed and the magnetization direction of a magnetization free layer changes because the magnetization direction of a magnetization free layer changes with external magnetic fields. Thereby, the conductance of a tunnel current changes. When a TMR element is used for an MR head, a magnetic signal is read by detecting change of this conductance.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in an MR head, in order to suppress a Barkhausen noise, magnetic-domain control is performed and it becomes important to form MR element into a single magnetic domain. Like the conventional MR head, when an anisotropy magnetoresistance-effect (AMR: Anisotropic Magneto-Resistivity) element and a huge magnetoresistance-effect (GMR: Giant Magneto-Resistivity) element are used as a magnetosensitive element, the bias magnetic field which impresses a bias magnetic field to the both ends of MR element to this MR element is

established. This has achieved single magnetic-domain-ization of MR element.

[0008] However, when an MR head is created using a TMR element, an electrode is arranged to both the principal plane side of a TMR element, current is passed to an abbreviation perpendicular direction to a film surface, the conductance of the tunnel current which flows an insulating layer at this time is measured, and the readout of a magnetic signal is performed. Therefore, when a bias layer is prepared in the both ends of a TMR element, by no longer maintaining the insulation with a magnetization free layer and the magnetization fixed bed, a TMR element short-circuits and the readout of a magnetic signal becomes impossible.

[0009] Therefore, by the MR head, it becomes impossible as a magnetosensitive element to perform magnetic-domain control by preparing a bias layer in the both ends of a TMR element using a TMR element.

[0010] The magnetization fixed bed mentioned above is equipped with the ferromagnetic layer and the antiferromagnetism layer. The antiferromagnetism layer is impressing the bias magnetic field to a ferromagnetic layer. Therefore, control of magnetization is carried out in the magnetization fixed bed. However, control of magnetization is not carried out in the magnetization free layer.

[0011] Then, this invention aims at offering the magnetoresistance-effect element [when it is proposed in view of the conventional actual condition which was mentioned above and the ferromagnetic tunnel effect is used, it is possible to suppress a Barkhausen noise, and] which can perform stable reproduction operation, and its manufacture method.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the magnetoresistance-effect element concerning this invention is equipped with the magnetization free layer from which the magnetization direction changes free by being formed on the magnetization fixed bed by which magnetization is being fixed in the fixed direction, the tunnel barrier layer formed on the above-mentioned magnetization fixed bed, and the above-mentioned tunnel barrier layer. And the non-magnetic metal layer existed on the above-mentioned magnetization free layer, and is equipped with the conductive antiferromagnetism film on the above-mentioned non-magnetic metal layer.

[0013] It becomes possible to control a magnetic domain, without the magnetoresistance-effect element constituted as mentioned above fixing the magnetization direction in a magnetization free layer, when a magnetization free layer and a conductive antiferromagnetism layer carry out switched connection through a non-magnetic metal layer.

[0014] Moreover, the manufacture method of the magnetoresistance-effect element concerning this invention has the laminating process which carries out the laminating of a lower shield layer, a lower gap layer, the magnetization fixed bed, a tunnel barrier layer, a non-magnetic metal layer, and the conductive antiferromagnetism film by predetermined width of face on a substrate.

[0015] Therefore, according to the manufacture method of the magnetoresistance-effect element concerning this invention, in a magnetization free layer, it becomes possible to offer the magnetoresistance-effect element which can control a magnetic domain, without fixing the magnetization direction.

[0016]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in detail, referring to a drawing.

[0017] First, the tunnel junction type magnetoresistance-effect element (a TMR element is called hereafter.) 1 as shown in drawing 1 is explained as a magnetoresistance-effect element which applied this invention. This TMR element 1 is a magnetoresistance-effect element (it considers as MR element hereafter.) using the ferromagnetic tunnel effect. In addition, in order to illustrate the feature of each part intelligibly, the drawing used by the following explanation may expand the portion used as the feature, and may show it, and the ratio of the size of each part material of it is not necessarily the same as that of practice.

[0018] The TMR element 1 has the structure where the laminating of the 1st magnetic metal layer 2, the tunnel barrier layer 3, the 2nd magnetic metal layer 4, the non-magnetic metal layer 5, and the

conductive antiferromagnetism layer 6 was carried out one by one.

[0019] The 1st magnetic metal layer 2 is the magnetization fixed bed, and the magnetization direction is being fixed. The laminating of the ground layer 7, the switched connection layer 8, and the pin layer 9 is carried out one by one, and the 1st magnetic metal layer 2 is formed. The pin layer 9 is formed in the tunnel barrier layer 3 side.

[0020] The ground layer 7 is formed of NiFe. The switched connection layer 8 is considering switched connection as the pin layer 9, and fixes the direction of magnetization of the pin layer 9. The switched connection layer 8 is formed of the antiferromagnetic substance. IrMn is mentioned as an example of the antiferromagnetic substance used. As for the pin layer 9, the direction of magnetization is being fixed by switched connection with the switched connection layer 8. The pin layer 9 is formed with a ferromagnetic. CoFe is mentioned as an example of the ferromagnetic used.

[0021] Moreover, it is also possible to use what carried out the laminating of the so-called laminating ferry on the ground layer 7 as 1st metal magnetic film 2. With a laminating ferry, an antiferromagnetism-joint film is inserted between the layers which were indicated by JP,7-169026,A and made with two ferromagnetics.

[0022] The film formed of a ruthenium is used as an antiferromagnetism-joint film. In this case, the direction of magnetization of the layer of two ferromagnetics turns into an opposite direction by setting to 0.3-1.0nm thickness of the film formed of a ruthenium. Thereby, it is lost that the MAG from the 1st metal magnetic film 2 leaks outside.

[0023] The tunnel barrier layer 3 was created with the metal which is nonmagnetic and is insulation, and it reaches to an extreme of it, and it is a film. As an example, although aluminum 2O3 is mentioned, if a tunnel current flows, it will not be limited especially. The tunnel barrier layer 3 is formed on the pin layer 9. If sense current is passed at right angles to a film surface, a tunnel current will flow to this tunnel barrier layer 3.

[0024] The 2nd magnetic metal layer 4 is a magnetization free layer, and the magnetization direction moves free. From the tunnel barrier layer 3 side, the laminating of the ferromagnetic layer 10 and the free layer 11 is carried out one by one, and the 2nd magnetic metal layer 4 is formed. The ferromagnetic layer 10 gathers the spin polarizability in the free layer 11. The ferromagnetic layer 10 is formed of CoFe. The magnetization direction is free for the free layer 11. The free layer 11 is formed of a soft magnetic material. NiFe is mentioned as an example.

[0025] The non-magnetic metal layer 5 plays the role which weakens control of the direction of magnetization of the free layer 11 by the conductive antiferromagnetism layer 6 mentioned later. Since the switched connection of the conductive antiferromagnetism layer 6 and the free layer 11 becomes strong when this non-magnetic metal layer 5 does not exist, control of the magnetization direction will be too strong and the magnetization direction of the free layer 11 will be fixed uniformly. The non-magnetic metal layer 5 is formed of Cu.

[0026] When formed of Cu, as for the non-magnetic metal layer 5, it is desirable to set the thickness to 0.5nm or more and 2nm or less.

[0027] Since the switched connection of the conductive antiferromagnetism layer 6 and the free layer 11 becomes strong when the layer thickness formed of Cu is less than 0.5nm, control of the magnetization direction will be too strong. Thereby, the magnetization direction of the free layer 11 will be fixed and reproduction operating becomes impossible. Since it becomes uncontrollable [the magnetization direction of the free layer 11 by the conductive antiferromagnetism layer 6] when the layer thickness formed of Cu is larger than 2nm, a magnetic domain wall arises in the free layer 11, and it becomes impossible to suppress a Barkhausen noise.

[0028] The conductive antiferromagnetism layer 6 controls the magnetization direction of the free layer 11. Control of the magnetization direction by the conductive antiferromagnetism layer 6 enables it to prevent a magnetic domain wall arising in the free layer 11. Moreover, when the non-magnetic metal layer 5 mentioned above exists, control of the magnetization direction becomes weaker. Therefore, the magnetization direction of the free layer 11 is not fixed uniformly. The conductive antiferromagnetism layer 6 is formed of IrMn.

[0029] The magnetic tunnel junction element 1 uses that the conductance of the tunnel current which flows to the tunnel barrier layer 3 changes depending on the relative angle of the magnetization direction of the pin layer 9 mentioned above and the free layer 11.

[0030] Specifically, the magnetization direction is being fixed in the pin layer 9, and in the free layer 11, although the single magnetic domain is formed for control of the magnetization direction by the conductive antiferromagnetism layer 6, the magnetization direction can change freely. Sense current is passed in the perpendicular direction to each class by the tunnel element 1.

[0031] When the magnetization directions of the free layer 11 differ to the magnetization direction of the pin layer 9, the conductance of the tunnel current which flows to the tunnel barrier layer 3 changes. That is, when the magnetization direction of the free layer 11 changes according to change of an external magnetic field, the magnetization direction of the free layer 11 to the magnetization direction of the pin layer 9 changes, and, thereby, the conductance of a tunnel current also changes. When the TMR element 1 is used for example, for the magnetoresistance-effect type magnetic head (an MR head is called hereafter.), change of the conductance of a tunnel current mentioned above is measured, and the information recorded on record media, such as a magnetic-recording medium, is reproduced.

[0032] The TMR element 1 concerning this invention controls and forms the magnetization direction of the free layer 11 into a single magnetic domain so that clearly also from the above explanation.

Therefore, it became possible to prevent a magnetic domain wall arising in the free layer 11, it became possible to prevent generating of a hysteresis, and it became possible to suppress a Barkhausen noise.

[0033] Below, the manufacture method of the above-mentioned TMR element 1 is explained using drawing 2 or drawing 9. Here, although the manufacture method at the time of applying the manufacture method of the above-mentioned TMR element 1 to MR head 20 which is one of the magnetic devices is mentioned as an example and explained concretely, this invention is not limited to the following examples.

[0034] Here, the structure of MR head 20 is explained. This MR head 20 is equipped with Shields 21a and 21b, gaps 22a and 22b, and the TMR element 1 as shown in drawing 2.

[0035] The TMR element 1 is equipped with the 1st magnetic metal layer 2, the tunnel barrier layer 3, the 2nd magnetic metal layer 4, the non-magnetic metal layer 5, and the conductive antiferromagnetism layer 6 as mentioned above. Moreover, the 1st magnetic metal layer 2 consists of the ground layer 7, a bias layer 8, and a pin layer 9. The 2nd magnetic metal layer 4 consists of a ferromagnetic layer 10 and a free layer 11.

[0036] Shields 21a and 21b serve as the electrode to the gaps 22a and 22b mentioned later. Shields 21a and 21b are formed from a magnetic material with conductivity. A Sendust (Fe-aluminum-Si alloy) etc. is mentioned as an example. Moreover, the width of face of this shield 21a and shield 21b is called distance between shields.

[0037] Gaps 22a and 22b isolate magnetically Shields 21a and 21b and each magnetic metal layer. Specifically, gap 22a isolates shield 21a and the 1st magnetic metal layer 2, and gap 22b isolates shield 21b and the 2nd magnetic metal layer 4. Gaps 22a and 22b serve also as the electrode to Shields 21a and 21b. Gaps 22a and 22b are formed from a non-magnetic material with conductivity. Cu etc. is mentioned as an example.

[0038] Thus, in constituted MR head 20, the magnetization direction of the 1st magnetic metal layer 2 is fixed to an abbreviation parallel direction to the signal magnetic field impressed from a magnetic-recording medium. Moreover, the magnetization direction of the 2nd magnetic metal layer 4 turns into an abbreviation perpendicular direction to the signal magnetic field impressed from a magnetic-recording medium. And if a predetermined signal magnetic field is impressed to this magnetic head, the magnetization direction of the 2nd magnetic metal layer 4 will change.

[0039] Although fixed current is flowing toward the 1st magnetic metal layer 2 by this MR head 20 from the 2nd magnetic metal layer 4 at this time, between the 2nd magnetic metal layer 4 and the 1st magnetic metal layer 2, a tunnel current will flow by this. And in this magnetic head, when the relative angle of magnetization of the 2nd magnetic metal layer 4 and magnetization of the 1st magnetic metal layer 2 changes, the conductance of a tunnel current changes.

[0040] The conductance of a tunnel current mentioned above is detectable by measuring the voltage between the 2nd magnetic metal layer 4 and the 1st magnetic metal layer 2. This MR head 20 reproduces the information recorded on the magnetic-recording medium by detecting change of the conductance of this tunnel current.

[0041] The manufacture method of MR head 20 constituted as mentioned above is explained.

[0042] First, as shown in drawing 3, magnetic-film 31a which finally turns into lower layer shield 21a is formed on the 1 principal plane of a base 30. As for magnetic-film 31a, it is desirable to carry out flattening highly. As a base 30, an AlTiC system, a TiO-CaO system, etc. can use what is used in case a thin film head is generally manufactured.

[0043] Next, as shown in drawing 4, the laminating of 1st nonmagnetic membrane 32a, the soft-magnetism film 33, the antiferromagnetism film 34, a ferromagnetic 35, and the 2nd nonmagnetic membrane 36 is carried out one by one by the thin film formation technique, such as for example, the sputtering method, on magnetic-film 31a. Finally, 1st nonmagnetic membrane 32a turns into gap 22a. The soft-magnetism film 33 serves as the ground layer 7. The antiferromagnetism film 34 serves as the bias layer 8. A ferromagnetic 35 serves as the pin layer 9. The 2nd nonmagnetic membrane 36 serves as the tunnel barrier layer 3.

[0044] In addition, as a nonmagnetic membrane 36, when using aluminum 2O3, the method of carrying out the direct laminating of the aluminum 2O3 and the method of oxidizing by oxygen plasma, after carrying out the laminating of the aluminum are mentioned. When taking the method of oxidizing by oxygen plasma, the degree of oxidization can be controlled by adjusting suitably oxidization time, gas pressure, oxygen tension, RF injection power, etc.

[0045] Next, as shown in drawing 5, the laminating of the 2nd ferromagnetic 37, the 2nd soft-magnetism film 38, the 3rd nonmagnetic membrane 39, the 2nd antiferromagnetism film 40, and the 1st non-magnetic layer 32b is carried out one by one by the thin film formation technique, such as for example, the sputtering method, on the 2nd nonmagnetic membrane 36. Finally, the 2nd soft-magnetism film 38 serves as the free layer 11, the 3rd nonmagnetic membrane 39 serves as the non-magnetic metal layer 5, the 2nd ferromagnetic 37 serves as the ferromagnetic layer 10, and 1st non-magnetic layer 32b turns into [the 2nd antiferromagnetism film 40 serves as the conductive antiferromagnetism layer 6, and] gap 22b.

[0046] Next, the resist pattern 41 as shown in drawing 6 is formed by forming a resist film and carrying out patterning of this resist film to a predetermined configuration by the photolithography method by applying resist material on 1st non-magnetic layer 32b. What is necessary is concretely, just to carry out patterning of the resist film to the size equivalent to MR tunnel element 1 made to remain finally.

[0047] Next, it etches until magnetic-film 31a is exposed, and it is made for each class to serve as predetermined width of face by ion milling, as shown in drawing 7. The width of recording track is prescribed by this etching. Moreover, the depth of the TMR element 1 from a sliding surface is called depth.

[0048] Next, as shown in drawing 8, an insulator layer 42 is formed on magnetic-film 32a etched and exposed. Under the present circumstances, an insulator layer 42 is simultaneously formed also on the resist pattern 41.

[0049] Next, as shown in drawing 9, the resist pattern 41 is exfoliated by the organic solvent etc. At this time, the insulator layer 42 formed on the resist pattern 41 also exfoliates simultaneously.

[0050] Next, magnetic-film 31b which finally turns into shield 21b is formed on the insulator layer 42 which forms an abbreviation same side, and 1st nonmagnetic membrane 32b. Then, magnetic-film 31b is formed in a predetermined configuration, and it is referred to as shield 21b. Plating using the resist pattern made into the predetermined configuration as a method of forming magnetic-film 31b, the method of etching after membrane formation by the spatter, etc. are mentioned.

[0051] Next, by giving a photolithography and etching to magnetic-film 31a, it forms in a predetermined configuration and is referred to as shield 21a.

[0052] Next, opening 43 is formed in an insulator layer 42. Shield 21a is exposed from this opening 43, and MR head 20 shown in drawing 2 is created by enabling connection of shield 21a electrically by

being filled up with an electrical conducting material in opening 43. In addition, although the insulator layer 42 is not illustrated by drawing 2, it has structure with which between shield 21a and shield 21b and the circumference were filled up.

[0053] In the manufacture method of the magnetic tunnel junction element 1 concerning this invention, it is possible to perform each manufacture process, such as membrane formation process of each class and oxidization process of the 2nd nonmagnetic membrane 36, continuously so that clearly also from the above explanation. Therefore, it becomes possible to manufacture within an inline-type sputtering system, and it becomes possible to manufacture the TMR element 1, without making the atmosphere touched with the product in the middle of manufacture. Therefore, it becomes possible to prevent degradation of quality. Moreover, it also becomes possible to attain simplification of the manufacturing process of the TMR element 1.

[0054]

[Example] The relation between the thickness of the non-magnetic metal layer 5 at the time of next applying the TMR element 1 mentioned above to MR head 20 and generating of reproduction sensitivity and a Barkhausen noise is explained based on an example.

[0055] In the example 1 example 1, MR head 20 shown in drawing 2 and the MR head of the same composition were produced. The material used for each class is as follows.

[0056]

The tunnel element 3 : aluminum₂O₃ non-magnetic-metal layer 5 : Cu conductivity antiferromagnetism layer 6 : Ir₂₀Mn₈₀ ground layer 7 : nickel₈₀Fe₂₀ bias layer 8 : Ir₂₀Mn₈₀ pin layer 9 : Ten or so Co₉₀Fe(s) magnetic layer 10 : Co₉₀Fe₁₀ free layer 11 : nickel₈₀Fe₂₀ shields 21a and 21b : Sendust (Fe-Si-aluminum alloy)

gaps 22a and 22b : Cu -- at this time, thickness of the non-magnetic metal layer 5 was set to 0.5nm Moreover, the width of recording track was set to 1 micrometer, the depth was set to 1 micrometer, and distance between shields was set to 0.2 micrometers.

[0057] In the example 2 example 2, the MR head was produced like the example 1 except having set thickness of the non-magnetic metal layer 5 to 1nm.

[0058] In the example 3 example 3, the MR head was produced like the example 1 except having set thickness of the non-magnetic metal layer 5 to 2nm.

[0059] In the example 4 example 4, the MR head was produced like the example 1 except having set thickness of the non-magnetic metal layer 5 to 3nm.

[0060] The MR head was produced in the example 1 of example of comparison 1 comparison, without forming the non-magnetic metal layer 5. In addition, if this MR head removed that the non-magnetic metal layer 5 was not formed, it was produced by the same composition as the example 1 mentioned above.

[0061] Reproduction sensitivity and generating of a Barkhausen noise were investigated about the MR head produced in these examples 1 or the example 4, and the example 1 of comparison. The result is shown in Table 1.

[0062] Here, about reproduction sensitivity, the thing which can reproduce the magnetic signal recorded on the magnetic-recording medium is made into **, and reproduction of a magnetic signal shows the good thing as O especially. Moreover, reproduction of a magnetic signal shows the difficult thing as x. About the Barkhausen noise, generating made the few thing ** and what generating is not mostly regarded as was shown as O. Moreover, it was shown as thing x whose generating was remarkable.

[0063]

[Table 1]

	Cu膜厚 (nm)	再生感度	バルクハウゼンノイズ
実施例1	0.5	△	○
実施例2	1	○	○
実施例3	2	○	△
実施例4	3	○	x
比較例1	0	x	○

[0064] Like the MR head of the example 1 of comparison, the result shown in Table 1 shows that reproduction of a magnetic signal is difficult, when the thickness of the non-magnetic metal layer 5 is less than 0.5nm. Moreover, like the MR head of an example 4, when the thickness of the non-magnetic metal layer 5 is 2nm or more, it turns out that a Barkhausen noise cannot fully suppress. Therefore, the thickness of the non-magnetic metal layer 5 is understood that 0.5nm - 2nm is desirable.

[0065]

[Effect of the Invention] The magnetoresistance-effect element concerning this invention controls and forms the magnetization in a magnetization free layer into a single magnetic domain so that clearly also from the above explanation. Therefore, it became possible to prevent a magnetic domain wall arising in a magnetization free layer, it became possible to prevent a hysteresis occurring, and it became possible to suppress generating of a Barkhausen noise. Therefore, the ferromagnetic tunnel effect is used and it becomes possible to be stabilized and to realize the magnetoresistance-effect element which carries out reproduction operation.

[0066] Moreover, in the manufacture method of the magnetoresistance-effect element concerning this invention, it becomes possible to perform each manufacturing process continuously. Therefore, it also becomes possible to attain simplification of the manufacturing process of a magnetoresistance-effect element. Moreover, the ferromagnetic tunnel effect is used and it becomes possible to be stabilized and to offer the magnetoresistance-effect element which carries out reproduction operation.

[Translation done.]